

## **PENINGKATAN MUTU PAPAN PARTIKEL ME LALUI PENINGKATAN KADAR PEREKAT** *(Improvement of Particle Board Quality by Increasing Adhesive Content)*

**M. I. Iskandar & Achmad Supriadi**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.  
Jalan Gunung Batu No. 5 Bogor  
Telp./Fax (0251) 8633378, 8633413  
e-mail : susupriadi@gmail.com

Diterima 14 Januari 2015, Disetujui 29 April 2015

### **ABSTRACT**

*The previous research of bagasse utilization from the sugar plant's waste for making boards using Urea Formaldehyde (UF) as an adhesive up to 10%, resulted particle's boards with inferior physical and mechanical characteristics which could not fulfill the Indonesian standard. This paper investigates an improvement effort by increasing portion of adhesive to 12% and 14%. Results indicated that the boards had better quality than the previous research. All aspects of the improved particle's boards could fulfill standard of Indonesia, Japan and FAO, except thickness swelling and MOE values which are below the standard. There have been a clear tendency that a higher level of adhesive exerted a better quality, although particle boards characteristic were not affected by adhesive level, except modulus of elasticity.*

*Keywords: Particle board, bagasse, UF, qualities standard*

### **ABSTRAK**

Penelitian pemanfaatan ampas tebu hasil limbah pabrik gula untuk dibuat papan partikel dengan menggunakan perekat Urea Formaldehida (UF) sampai dengan kadar 10%, hasilnya menunjukkan masih banyak sifat fisis dan mekanis yang belum memenuhi persyaratan standar Indonesia. Dalam upaya meningkatkan mutu papan partikel, telah dilakukan penelitian lanjutan dengan menaikkan kadar perekat UF yang digunakan menjadi 12% dan 14%. Hasilnya menunjukkan bahwa papan partikel memiliki mutu lebih baik. Semua sifat papan partikel memenuhi standar Indonesia, standar Jepang dan standar FAO, kecuali pengembangan tebal dan MOE belum memenuhi standar. Terdapat kecenderungan makin tinggi kadar perekat makin baik kualitas papan partikel, meskipun secara statistik kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap sifat papan partikel, kecuali pada modulus elastisitas.

Kata kunci : Papan partikel, ampas tebu, kadar perekat UF, standar mutu

### **I. PENDAHULUAN**

Makin menurunnya kemampuan hutan alam terutama sebagai sumber bahan baku kayu yang belum diimbangi dengan kemampuan produksi kayu dari hutan tanaman, mendorong dilakukannya berbagai penelitian dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan kayu, diversifikasi produk yang menghasilkan produk bernilai tambah lebih tinggi, pemanfaatan limbah

kayu dan bukan kayu. Salah satu penelitian pemanfaatan limbah bukan kayu sebagai alternatif substitusi bahan baku kayu, antara lain pemanfaatan ampas tebu (bagasse) untuk dibuat papan partikel. Bagasse adalah limbah yang dihasilkan dari sisa pengolahan tebu pada pabrik gula. Pada umumnya sebagian besar bagasse dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Penelitian pemanfaatan ampas tebu hasil limbah pabrik gula untuk dibuat papan partikel,

telah dilakukan dan hasilnya telah dipublikasikan (Iskandar dan Supriadi, 2013). Pada penelitian tersebut digunakan perekat Urea Formaldehida (UF) dengan kadar perekat 6%, 8% dan 10%. Hasil penelitian menunjukkan masih banyak sifat-sifat papan partikel dari ampas tebu baik sifat fisis maupun mekanis yang belum memenuhi persyaratan sesuai dengan standar yang digunakan. Beberapa sifat fisis papan partikel ampas tebu yang telah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI), standar Jepang (JIS) dan standar FAO adalah kerapatan dan kadar air baik secara parsial maupun keseluruhan, sedangkan untuk pengembangan tebal papan partikel setelah direndam selama 24 jam belum memenuhi standar. Untuk sifat mekanis, semua papan partikel ampas tebu belum memenuhi persyaratan standar antara lain, keteguhan rekat internal (IB), modulus patah (MOR), modulus elastisitas (MOE) dan kekuatan cabut sekrup.

Evaluasi terhadap penelitian terdahulu menunjukkan faktor kandungan perekat sebagai faktor penting penentu keteguhan papan partikel, sehingga dalam penelitian ini dilakukan penyempurnaan dengan menaikkan kadar perekat UF yang digunakan menjadi 12% dan 14%. Asal bahan baku ampas tebu dan perekat yang digunakan sama dengan yang digunakan pada penelitian sebelumnya (Iskandar & Supriadi, 2013).

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan

Bahan baku ampas tebu yang digunakan berasal dari KSO PT Rajawali Paparti di Madiun, Jawa Timur. Umur pohon tebu waktu diambil ampasnya adalah sembilan bulan. Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida (UF) cair berasal dari PT Arjuna Utama Kimia (ARUKI) Surabaya.

### B. Metode

#### 1. Pembuatan partikel ampas tebu

Pembuatan partikel ampas tebu diawali dengan pembuangan *pith* (*depithing*) ampas tebu, dilakukan dengan cara kering. *Depithing* bertujuan mengeluarkan fraksi bukan serat lingo-selulosa dari bagasse seperti sisa gula, zat warna dan jaringan parenkim yang sekiranya dapat mengganggu

proses perekatan antar partikel ampas tebu dengan perekat UF (antara lain menyerap sebagian air pada perekat UF yang menghalangi ikatan partikel-UF, dan memperlambat pengerasan perekat). Pada *depithing*, mula-mula ampas tebu dijemur selama 1 - 2 minggu sampai kadar airnya menjadi berkisar 12 - 15% dari kadar air semula sebesar 30 - 40%. Ampas tebu tersebut kemudian dimasukkan ke dalam mesin *dispresser*. Di dalam mesin ini, ampas tebu diputar oleh *rotary screen*, kemudian digiling dan disaring oleh *hammermill* sehingga secara mekanis *pith* terpisah dari fraksi serat ligno-selulosa (ampas tebu).

#### 2. Pembuatan papan partikel ampas tebu

Ukuran papan partikel yang dibuat adalah 30 cm x 30 cm x 1 cm dengan target kerapatan 0,60 g/cm<sup>3</sup>. Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida (UF) cair. Banyaknya perekat yang digunakan 12% dan 14% dari berat kering partikel ampas tebu. Papan partikel ampas tebu dibentuk pada suhu 140°C dengan tekanan 35 kg/cm<sup>2</sup> selama 10 menit. Setelah pengempaan, papan partikel yang dihasilkan dikering anginkan dengan cara disimpan di ruang terbuka di bawah atap selama 14 hari sebelum dilakukan pengujian. Solid Content (SC) perekat 60%. Partikel yang digunakan adalah partikel yang lolos dari saringan *hammermill* ukuran 6 *mesh* dan tertahan pada ukuran 20 *mesh*. Papan partikel yang dibuat adalah satu lapis (*single layer partide board*).

#### 3. Pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel

Sifat papan partikel yang diuji meliputi kerapatan, kadar air, pengembangan tebal, penyerapan air, modulus patah (MOR), modulus elastisitas (MOE), keteguhan rekat internal dan kuat cabut sekrup menggunakan prosedur menurut Standar Jepang (JIS, 2003).

### C. Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel ampas tebu, maka dilakukan penelaahan sidik ragam dengan rancangan acak lengkap berfaktor tunggal. Sebagai perlakuan (faktor) adalah kadar perekat dengan dua variasi yaitu 12% dan 14%, dan ulangan pada tiap variasi tersebut dilakukan sebanyak tiga kali. Nilai rata-rata sifat fisis dan mekanis papan partikel yang dihasilkan dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya (Iskandar & Supriadi,

2013), Standar SNI (DSN, 1996), Jepang (JIS, 2003) dan FAO (1966) terkait dengan mutu papan partikel. Pengolahan data dengan menerapkan sidik ragam dilakukan dengan bantuan program Minitab (Hendradi, 2006).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel ampas tebu disajikan pada Tabel 1, sedangkan hasil pencermatan dengan sidik ragam pada Tabel 2.

Kerapatan rata-rata papan partikel ampas tebu yang menggunakan perekat UF kadar 12% dan 14% adalah  $0,59 \text{ g/cm}^3$  dan  $0,58 \text{ g/cm}^3$ . Nilai kerapatan ini sama dengan papan partikel ampas tebu yang menggunakan perekat UF kadar 10%. Semua nilai kerapatan papan partikel tersebut memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (BSN, 2006) dan Standar Jepang (JIS, 2003) karena nilainya berada di antara  $0,50 - 0,90 \text{ g/cm}^3$  serta Standar FAO (FAO, 1966) karena nilainya berada di antara  $0,40 - 0,80 \text{ g/cm}^3$ . Secara statistik tidak ada pengaruh nyata kadar perekat terhadap kerapatan papan partikel ampas tebu (Tabel 2).

Kadar air rata-rata papan partikel ampas tebu yang menggunakan perekat kadar 12% dan 14% masing-masing adalah 6,15% dan 6,14%, sedikit di bawah kadar air papan partikel ampas tebu dengan perekat kadar 10%. Hal ini berarti penggunaan perekat dengan kadar yang lebih tinggi dapat menurunkan nilai kadar air. Semua nilai kadar papan partikel ampas tebu memenuhi Standar Indonesia (SNI, 1996) karena nilainya kurang dari 14% dan Standar Jepang (JIS, 2003) karena nilainya berada di antara 5-13% serta Standar FAO (1966) karena nilainya kurang dari 12%. Secara statistik tidak ada pengaruh nyata kadar perekat terhadap kadar air papan partikel ampas tebu (Tabel 2).

Nilai pengembangan tebal papan partikel ampas tebu dengan kadar perekat 12% dan 14% setelah direndam dalam air dingin selama 2 jam adalah 16,07% dan 14,46%. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan papan partikel ampas tebu menggunakan kadar perekat 10% yaitu 23,16% (Iskandar dan Supriadi, 2013). Penggunaan kadar perekat yang lebih tinggi dapat menurunkan terjadinya pengembangan tebal pada papan partikel ampas tebu. Peningkatan penggunaan

kadar perekat UF, telah meningkatkan ikatan antar partikel dan lebih banyak memasuki rongga-rongga kosong dalam struktur ampas tebu, sehingga ikatan antar partikel dengan UF (adhesi) dan antar UF (kohesi) lebih intensif (Rowell et al., 1997). Akan tetapi, hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan tidak ada perbedaan nyata nilai pengembangan tebal papan partikel ampas tebu yang menggunakan kadar perekat 12% dengan 14%. Standar Indonesia, Standar Jepang dan Standar FAO tidak mensyaratkan besarnya nilai pengembangan tebal pada papan partikel yang direndam dalam air dingin selama dua jam.

Nilai pengembangan tebal papan partikel ampas tebu dengan kadar perekat 12% dan 14% setelah direndam air dingin selama 24 jam adalah 24,42% dan 19,50%. Penggunaan kadar perekat yang lebih tinggi dapat memperbaiki sifat papan partikel, akan tetapi nilai pengembangan tebal tersebut belum memenuhi syarat Standar Indonesia, Standar Jepang dan Standar FAO karena nilai pengembangan tebalnya lebih besar dari 12%. Seperti pada papan partikel ampas tebu yang direndam selama dua jam, pada papan partikel ampas tebu yang direndam selama 24 jam juga menunjukkan makin tinggi kadar perekat, makin kecil terjadinya pengembangan tebal pada papan partikel ampas tebu. Secara statistik tidak ada pengaruh nyata kadar perekat terhadap nilai pengembangan tebal papan partikel ampas tebu setelah direndam 24 jam (Tabel 2).

Nilai pengembangan tebal papan partikel ampas tebu dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan nilai pengembangan tebal papan partikel yang menggunakan campuran kayu rimba dan pinus yaitu 12,62% (Kliwon & Iskandar, 1994), papan partikel dari serutan kayu yaitu 7,77% (Iskandar & Supriadi, 2011) dan papan partikel dari bambu betung yaitu 11,50% (Sulastiningsih et al., 2006). Hal ini diduga meskipun papan partikel ampas tebu telah diberi perekat dengan kadar yang lebih tinggi, akan tetapi ampas tebu lebih mudah menyerap air (higroskopis) dibandingkan dengan kayu maupun bambu, sehingga nilai pengembangan tebalnya lebih tinggi (Rowell et al.). Dengan demikian stabilitas dimensi papan partikel ampas tebu yang dibuat lebih rendah dibanding papan partikel dari campuran kayu rimba dan pinus, bambu betung dan serutan kayu.

Tabel 1. Nilai rata-rata sifat fisis dan mekanis papan partikel ampas tebu  
**Table 1. Mean values of physical and mechanical properties of bagasse particle board**

No	Sifat ( <i>Properties</i> )	Kadar perekat UF ( <i>Adhesive content /UF</i> ), % b/b (w/w)		Rata-rata ( <i>Average</i> )* )	**)	SNI	JIS	FAO
		12	14					
<b>A. Sifat Fisis (<i>Physical properties</i>)</b>								
1.	Kerapatan ( <i>Density</i> ), g/cm <sup>3</sup>	0,59	0,58	0,59	0,58	0,50-90	0,50-90	0,40-0,80
2.	Kadar air ( <i>Moisture content</i> ), %	6,15	6,14	6,15	6,22	< 14	Mei-13	< 12
3.	Pengembangan tebal ( <i>Thickness swelling</i> ), %							
	a. Direndam 2 jam ( <i>After 2 hours water immersion</i> )	16,07	14,46	15,27	23,16	-	-	-
	b. Direndam 24 jam ( <i>After 24 hours water immersion</i> )	24,42	19,5	21,96	25,68	12	12	12
4	Penyerapan air ( <i>Water absorption</i> ), %							
	a. Direndam 2 jam ( <i>After 2 hours water immersion</i> )	73,58	70,37	71,98	81,07	-	-	-
	b. Direndam 24 jam ( <i>After 24 hours water immersion</i> )	91,18	86,24	88,71	101,79	-	-	-
<b>B. Sifat mekanis (<i>Mechanical properties</i>)</b>								
1.	Keteguhan Rekat ( <i>Internal bonding</i> ), kg/cm <sup>2</sup>	2,5	2,82	2,66	2,33	>1,5	>1,5	>2
2.	Modulus patah ( <i>Modulus of rupture</i> ), kg/cm <sup>2</sup>	131,21	143,99	137,6	111,26	80	82	100
3.	Modulus elastisitas ( <i>Modulus of elasticity</i> ), kg/cm <sup>2</sup>	14.249,32	15.05292	14.651,13	10.976	15.000	15.000	15.000
4.	Kuat cabut sekrup ( <i>Screw-withdrawal strength</i> ), kgf	39,87	41,47	40,67	24,4	40	31-51	-

Keterangan (*Remarks*) : \*) Rata-rata 3 ulangan (*Average of 3 replication*), \*\*) Rata-rata nilai hasil penelitian sebelumnya menggunakan perekat yang sama dengan kadar 10% (*Average values of the previous study using 10% adhesive content*) (Iskandar & Supriadi, 2013)

**Tabel 2. Analisis keragaman pengaruh kadar perekat (UF) terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel ampas tebu**

**Table 2. Analysis of variance on the effect of adhesive content (UF) on physical and mechanical properties of bagasse particle board**

No	Sifat (Properties)	Db (df)	Kuadrat tengah (Mean squares)	F hitung (F calc.)
1.	Kerapatan (Density), g/cm <sup>3</sup>			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	0,000067	4,0 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	0,000017	
2.	Kadar air (Moisture content), %			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	0	0,00 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	0,21	
3.	Pengembangan tebal (Thickness swelling), %			
a.	Direndam 2 jam (Immersion for 2 hours)			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	3,9	0,39 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	10	
b.	Direndam 24 jam (Immersion for 24 hours)			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	32,21	5,68 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	6,38	
4.	Penyerapan air (Water absorption), %			
a.	Direndam 2 jam (Immersion for 2 hours)			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	15,52	1,58 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	9,81	
b.	Direndam 24 jam (Immersion for 24 hours)			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	36,6	1,49 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	24,5	
5.	Modulus patah (Modulus of rupture/ MOR), kg/cm <sup>2</sup>			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	245	3,28 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	74,7	
6.	Modulus elastisitas (Modulus of elasticity/ MOE ), kg/cm <sup>2</sup>			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	968595	7,89*
	Galat (Error)	4	122755	
7.	Keteguhan rekat (Internal bonding)			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	0,037	0,18 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	0,199	
8.	Kuat cabut sekrup (Screw-withdrawal strength)			
	Kadar perekat (Adhesive content)	1	3,8	0,05 <sup>ns</sup>
	Galat (Error)	4	74,6	

Keterangan (Remarks) : db (df) = derajat bebas (degree of freedom), \* = nyata (significant), p = 0,95, ns = tidak nyata (not significant)

Penyerapan air papan partikel ampas tebu dengan kadar perekat 12% dan 14% setelah direndam dalam air dingin selama 2 jam adalah 73,68% dan 70,37%, sedangkan yang direndam selama 24 jam adalah 91,18% dan 86,24%. Standar Indonesia, Standar Jepang dan Standar FAO tidak mensyaratkan besarnya nilai penyerapan air pada papan partikel. Makin tinggi kadar perekat, semakin kecil penyerapan air pada papan partikel ampas tebu, meskipun hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap penyerapan air papan partikel ampas tebu.

Keteguhan rekat internal (IB) papan partikel ampas tebu dengan kadar perekat 12% dan 14% adalah 2,50 kg/cm<sup>2</sup> dan 2,82 kg/cm<sup>2</sup>. Papan partikel ampas tebu yang dibuat semuanya memenuhi persyaratan Standar Indonesia dan Standar Jepang karena nilainya lebih dari 1,5 kg/cm<sup>2</sup> serta Standar FAO yang mensyaratkan nilai keteguhan rekat internal lebih dari 2 kg/cm<sup>2</sup>. Makin tinggi kadar perekat, semakin tinggi keteguhan rekat internal papan partikel ampas tebu. Hal ini disebabkan makin banyak perekat, semakin baik ikatan antar partikel yang terjadi pada papan partikel ampas tebu. Hal ini disebabkan oleh terjadinya ikatan adhesi partikel bagasse – UF dan ikatan kohesi UF – UF yang semakin intensif (Rowell et al., 1997). Hasil sidik ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat internal papan partikel ampas tebu. Nilai keteguhan rekat internal papan partikel ampas tebu dengan kadar perekat 12% lebih rendah dibandingkan keteguhan rekat internal papan partikel bambu (Sulastiningsih et al., 2006). Hasil ini menunjukkan bahwa papan partikel ampas tebu memiliki keteguhan rekat yang kurang baik dibanding papan partikel bambu.

Nilai modulus patah (MOR) papan partikel ampas tebu dengan perekat 12% dan 14% adalah 131,21 kg/cm<sup>2</sup> dan 143,99 kg/cm<sup>2</sup>. Semua papan partikel yang dibuat memenuhi syarat Standar Indonesia (minimal 80 kg/cm<sup>2</sup>), Standar Jepang (82 kg/cm<sup>2</sup>) dan Standar FAO (100 kg/cm<sup>2</sup>). Hasil sidik ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap nilai modulus patah papan partikel ampas tebu. Pada pengujian MOR, terjadi fenomena kompresi (*compression*), tegangan (*tension*) dan geser (*shear*). Agaknya semakin intensifnya ikatan

adhesi (partikel – UF) dan ikatan kohesi (UF – UF) dalam papan partikel membuat peningkatan kadar UF ikut berperan positif terhadap ketiga fenomena di atas yang berakibat pada peningkatan MOR.

Nilai modulus elastisitas (MOE) papan partikel ampas tebu dengan perekat 12% dan 14% adalah 14.249,34 kg/cm<sup>2</sup> dan 15.052,92 kg/cm<sup>2</sup>. Sebagian papan partikel ampas tebu yang dibuat memenuhi syarat Standar Indonesia, Standar Jepang dan Standar FAO karena nilainya lebih dari 15.000 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil sidik ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar perekat berpengaruh nyata terhadap modulus elastisitas papan partikel ampas tebu. Fenomena MOE ternyata sejalan dengan yang terjadi pada MOR. Nilai MOE meningkat dengan menggunakan UF dengan kadar yang lebih tinggi.

Nilai pengujian kuat cabut sekrup tegak lurus permukaan papan partikel ampas tebu dengan perekat 12% dan 14% adalah 39,87 kg dan 41,47 kg. Seluruh papan partikel yang dibuat memenuhi persyaratan Standar Indonesia (minimal 40 kg), Standar Jepang (31 – 51 kg), sedangkan standar FAO tidak mensyaratkan nilai kuat cabut sekrup. Hasil sidik ragam (Table 2) menunjukkan bahwa peningkatan kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap kuat cabut sekrup papan partikel ampas tebu, meskipun ada kecenderungan peningkatan kuat cabut sekrup tersebut sebagaimana terjadi pada IB. Ikatan adhesi (partikel – UF) dan ikatan kohesi (UF – UF) yang makin intensif dengan meningkatnya kadar perekat UF, agaknya berperan positif pula terhadap kuat cabut sekrup.

Dibandingkan dengan persyaratan JIS (2003), sifat papan partikel ampas tebu yang tidak memenuhi syarat adalah pengembangan tebal, MOR, MOE dan kuat cabut sekrup (Iskandar & Supriadi, 2013). Setelah kadar perekat UF yang digunakan dinaikkan menjadi 12% dan 14%, kualitas papan partikel yang dihasilkan menjadi lebih baik yakni dengan terpenuhinya semua sifat sesuai standar JIS tersebut. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Sukmayadi (1985) yang menunjukkan bahwa peningkatan kadar perekat dari 10%, 12% dan 14% dapat meningkatkan nilai MOE, MOR dan IB serta menurunkan daya serap air dan pengembangan tebal papan partikel dari kayu meranti merah (*Shorea* sp.) dan kayu ramin (*Gomystylus bananus*).

#### IV. KE SIMPULAN DAN SARAN

Papan partikel ampas tebu yang dibuat menggunakan perekat urea formaldehida (UF) kadar 12% dan 14% memiliki kerapatan, kadar air, keteguhan rekat internal, MOR, dan kuat cabut sekrup memenuhi standar Indonesia, standar Jepang dan standar FAO, kecuali nilai pengembangan tebal dan MOE belum memenuhi standar. Terdapat kecenderungan makin tinggi kadar perekat makin baik kualitas papan partikel ampas tebu, meskipun secara statistik kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap sifat papan partikel ampas tebu, kecuali pada modulus elastisitas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- DSN. (1996). SNI 03-2105-1996. *Mutu papan partikel*. Jakarta: Dewan Standardisasi Nasional.
- FAO. (1966). *Plywood and other wood-based panels*. Rome: Food and Agricultural Organization of United Nation.
- Hendradi, T.C. (2006). *Statistik six sigma dengan minitab. Panduan cerdas inisiatif kualitas*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Iskandar, M.I. & Supriadi, A. (2010). Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel tandan sawit. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 16(2), 87-92.
- Iskandar, M.I. & Supriadi, A. (2011). Pengaruh besaran kempa terhadap sifat papan partikel serutan kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(3), 226-233.
- Iskandar, M.I. & Supriadi, A. (2013). Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel ampas tebu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(1), 19-26.
- JIS. (2003). Particleboards. *Japan Standard Association*. Tokyo: Japan Internasional Standard. JIS A. 5908:2003.
- Kliwon, S. & Iskandar, M.I. (1994). Sifat kayu lapis dan papan partikel beberapa jenis kayu hutan tanaman industri. *Prosiding Diskusi Hasil Penelitian Puslitbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan* (pp : 461 - 470). Cipayung 24 - 25 Maret 1994.
- Rowell, R.M., Raymond, A.Y., & Judith, K.R. 1997. *Paper composit from agrobased resources*. CRC Press, Inc : Lewis Publisher.
- Sukmayadi, Y. (1985). Pengaruh ukuran partikel dan kadar perekat terhadap sifat papan partikel wafer (*unferboard*) dari kayu meranti merah (*Shorea* sp.) dan kayu ramin (*Gomystylus bancanus*). (Skripsi Sarjana). Fahutan IPB.
- Sulastiningsih, I.M., Novitasari & Turoso, A. (2006). Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bamboo. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 24(1), 1-8.